

CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT
DEPARTEMENT PRODUCTIONS FRUITIERES ET HORTICOLES

C I R A D - F L H O R

RAPPORT DE MISSION AU PEROU

28 Mars - 6 Avril 1993

PARASITES ET RAVAGEURS DE L'ANANAS

X. MOURICHON et J. L. SARAH

U.R. biologie et contrôle des parasites et ravageurs

CIRAD - FLHOR - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER CEDEX

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
1 - <u>OBJECTIF DE LA MISSION</u>	2
2 - <u>DEROULEMENT</u>	2
3 - <u>PARASITES ET RAVAGEURS AERIENS</u>	3
3.1 - NECROSES DU FRUIT	3
3.1.1 - Situation	3
3.1.2 - Rappels des connaissances sur taches noires (fruitlet core rot) et leathery pocket de l'Ananas causés par <i>Penicillium funiculosum</i> Thom	3
3.1.3 - Les taches avec galeries	5
3.1.3.1 - Description	5
3.1.3.2 - Remarques	5
3.1.3.3 - Propositions de recherches	6
3.2 - <i>THECLA BASILIDES</i> "BROCA DE LA PIÑA", LEPIDOPTERE LYCAENIDAE	7
3.3 - COCHENILLES ET WILT	8
4 - <u>PARASITES ET RAVAGEURS DES RACINES</u>	8
4.1 - NEMATODES	8
4.1.1 - Observations	8
4.1.2 - Traitements	9
4.2 - SYMPHYLES	9
4.2.1 - Observations	9
4.2.2 - Rappels bio-écologiques	10
4.2.3 - Méthodes de lutte	11
4.2.4 - Evaluation des populations de symphytes	11
5 - <u>CONCLUSIONS ET REMARQUES GENERALES</u>	11

ANNEXES

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes citées dans ce rapport pour la qualité de leur accueil qui a contribué grandement à la réussite de cette mission, et tout particulièrement les Ing. S. BELLO et A. JULCA pour leur disponibilité et leur gentillesse de tous les instants.

1 - OBJECTIF DE LA MISSION

Cette mission s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherches intitulé "Amélioration de la culture de l'Ananas en Amazonie Péruvienne", soutenu par la CEE/DG12 - Coopération Scientifique Internationale (contrat n° CI 1°0379-F [EDB]).

L'objectif principal de la mission était d'évaluer les principaux facteurs (parasites et ravageurs) limitants de la culture de l'Ananas dans la région de Chanchamayo et d'apporter un appui aux deux chercheurs péruviens qui ont en charge la réalisation de ce programme.

2 - DEROULEMENT

<u>Dimanche 28 mars</u>	Départ pour Lima via Paris
<u>Lundi 29 mars</u>	Arrivée à Lima en fin de matinée ; Prise de contact avec l'Ing. Segundo BELLO ; Entretien avec M. Pierre LABBE, Conseiller Culturel et Scientifique à l'Ambassade de France ; Entretiens avec MM LAMBERT PIE et PINON.
<u>Mardi 30 mars</u>	Voyage Lima-San Ramon par avion (S. BELLO) ; INIA, réunion de préparation et d'information avec les Ing. Segundo BELLO et Alberto JULCA.
<u>Mercredi 31 mars</u>	<u>Matinée</u> , exposés généraux sur les problèmes de ravageurs et maladies de l'ananas par MM MOURICHON et SARAH (S. BELLO, A. JULCA) ; visite du terrain expérimental de l'INIA ; <u>Après-midi</u> , visite d'INDALSA (usine, laboratoires) avec l'Ing. Sara ANCIETA
<u>Jeudi 1er avril</u>	(S. BELLO et A. JULCA) ; <u>Matinée</u> , visite de champs de production à Kimiri (1000-1500 m d'altitude) en compagnie de l'Ing. Luis RIVAS (INDALSA) ; <u>Après-midi</u> , visite des parcelles expérimentales de production d'INDALSA à Chincana.
<u>Vendredi 2 avril</u>	(S. BELLO, A. JULCA, L. RIVAS) ; <u>Matinée</u> , laboratoire de l'INIA, découpe de fruits pour observation de galeries et recherche de larves ; <u>Après-midi</u> , réunion de synthèse.
<u>Samedi 3 avril</u>	Voyage San Ramon-Lima par la route (S. BELLO et L. RIVAS).
<u>Dimanche 4 avril</u>	<u>Matinée</u> libre ; <u>Après-midi</u> , entretiens avec M. LAMBERT PIE et le Dr Hugo VILLACHICA.
<u>Lundi 5 avril</u>	Départ pour Montpellier via Paris.
<u>Mardi 6 avril</u>	Arrivée à Montpellier.

3 - PARASITES ET RAVAGEURS AERIENS

3.1 - NÉCROSES DU FRUIT

3.1.1 - Situation

Une évaluation des anomalies présentes dans les fruits au cours de leur maturation et au moment de la récolte a déjà été réalisée et trois "types" de taches A, B, et C ont été caractérisés. Les deux premiers correspondent respectivement à la description des taches noires et "leathery pocket". Le troisième type de tache est associé avec la présence de galeries parfois très développées dans l'ensemble du fruit en y constituant un véritable réseau.

L'importance relative de ces trois maladies, tant sur 'Cayenne lisse' que 'Samba', est évaluée sur l'ensemble de l'année à :

taches noire (A)	18 %
leathery pocket (B)	2 %
taches avec galeries (C)	80 %

Pour nos partenaires péruviens le troisième type d'infection est le principal facteur de dépréciation des fruits et c'est sur cet aspect qu'une attention toute particulière a été portée dans le cadre de cette mission.

Toutefois afin d'éviter toute confusion, il nous a semblé utile de rappeler ci-dessous quelques données acquises sur les deux premières maladies.

3.1.2 - **Rappels des connaissances sur taches noires (fruitlet core rot) et leathery pocket de l'Ananas causés par *Penicillium funiculosum* Thom**

Dans la plupart des zones de production, les taches noires et les "leathery pocket" apparaissent, avec des niveaux d'intensité divers, comme l'un des principaux facteurs affectant la qualité de l'ananas et se traduisant par des écarts importants de fruits à la récolte sur des productions destinées tant à l'exportation qu'à la transformation.

Les recherches conduites en Côte d'Ivoire sur ces deux maladies au cours des années 1980-84 ont essentiellement porté sur l'étude des interactions hôte-parasite et plus particulièrement sur les modalités de l'infection que nous résumons ici (figures 1 et 2).

► *Penicillium funiculosum* est le principal agent responsable des infections (et, à un degré moindre *Fusarium moniliforme*) ;

► Une dynamique saisonnière des infestations est mise en évidence (taches noires). Celle-ci est en relation étroite avec certains facteurs du climat au cours de la période qui suit le traitement d'induction florale ;

► La contamination par le parasite a lieu lors du développement de l'inflorescence et notamment au cours des stades phénologiques qui précèdent l'anthèse.

Ces données sont générales aux deux maladies : taches noires et "leathery pocket" qui sont toutefois le résultat de deux processus infectieux distincts mis en place après la contamination des inflorescences. Ces observations réalisées en Côte d'Ivoire ont été en partie confirmées ensuite en Martinique.

Leathery pockets

Une relation étroite a été mise en évidence entre l'importance des "leathery pocket" et le niveau de population de l'acarien *Steneotarsonemus ananas* dans les cavités florales au moment de la floraison. Il a été montré que le transport de *P. funiculosum* est assuré par une fraction d'individus dont la migration jusqu'aux loges ovariennes est bien mise en évidence, soit par les canaux stylaires, soit plus généralement par les canaux nectarifères puis au travers des tissus intercarpellaires. Ce phénomène est particulièrement bien observé chez le cv Perolera qui présente sous la cavité florale de nombreux espaces libres facilitant le déplacement des tarsonèmes. La présence des deux organismes dans les loges ovariennes se traduit par une subérification des faces internes des loges parfois dès la deuxième semaine après la floraison en provoquant une nécrose sèche. Le processus infectieux est bloqué à ce stade durant toute la maturation du fruit et on observe souvent une reprise d'activité de *P. funiculosum* et de développement d'une nécrose, à partir du stade leathery pocket, à la récolte.

Taches noires

La présence de taches noires est indépendante de la population de *S. ananas*. Elle semble, par contre, en relation étroite avec les hauts niveaux d'hygrométrie entre l'induction florale et la floraison permettant l'établissement d'un potentiel infectieux et se traduisant par un développement mycélien important dans les cavités florales. *P. funiculosum* se maintient ensuite le plus souvent dans les canaux nectarifères, au sein d'une microlésion (réaction des tissus environnants), jusqu'au stade de maturité des fruits proche de la récolte. Un développement en tache noire est alors observé et l'absence de tissus lignifiés permet en général de distinguer ce type d'infection du précédent.

Les recherches se sont ensuite orientées vers une lutte raisonnée contre ces maladies. Le contrôle direct de *P. funiculosum* ou de *S. ananas* n'est pas apparue la voie la plus rationnelle. Les travaux actuellement en cours étudient les différents itinéraires techniques permettant de limiter, au niveau du sol, la production d'inoculum. Il est montré en effet que les sites privilégiés pour la multiplication de *P. funiculosum* sont constitués principalement en culture d'ananas par les résidus de cultures issus des cycles précédents. Il a, de plus, été montré (études *in vitro*) que le développement (croissance et sporulation) de *P. funiculosum* est sous la dépendance d'un pH d'activité acide (optimum entre 3.4 et 4 ; croissance très faible à nulle entre 6 et 7).

3.1.3 - Les taches avec galeries

3.1.3.1 - Description

Une troisième catégorie de nécroses est observée dans les fruits, associée avec de fines galeries lignifiées. Ces galeries forment un véritable réseau s'étendant de la périphérie aux zones les plus internes des fruits (hormis le cylindre central). Ce problème apparaît très spécifique de la zone, n'ayant, à notre connaissance, été signalé nulle part ailleurs.

Ces galeries ont été attribuées à des larves d'une mouche qui pourrait être *Melanoloma canopilosum* (Famille Richardiidae), cette identification étant à confirmer. Cette mouche aurait été observée pondant à la base des bractées de fruits en phase de maturation. La présence de larves de cette mouche a été confirmée par émergence d'adultes à partir de fruits à un stade de maturité proche de la récolte. Pour nos partenaires péruviens c'est plutôt à ce stade que le développement conjoint galeries-nécroses devient visible.

Des isollements effectués dans ces nécroses révèlent systématiquement la présence de *Penicilium funiculosum* (associé parfois à *Fusarium*).

3.1.3.2 - Remarques

Au cours de cette mission, des fruits à différents stades de maturité ont été prélevés et une évaluation des nécroses a été réalisée.

- ▶ Peu de taches noires et leathery pockets ont été observés tant sur 'Cayenne lisse' que 'Samba' ;

- ▶ Des galeries sans développement nécrotique sont observables non seulement sur des fruits au stade mature mais également sur des fruits immatures et cela dès deux mois environ avant la date théorique de récolte.

La présence de galeries sans développement de taches sur de jeunes fruits et la présence simultanée de galeries et taches sur fruits mûrs suggèrent que l'agent causal des galeries pourrait être le déterminant primaire des nécroses à *P. funiculosum*.

Il est suggéré que ces galeries constituent des espaces au sein desquelles *P. funiculosum* peut se développer. Le développement de ce champignon "hors galerie" ne serait possible qu'au stade fruit mûr.

► Nous avons observé parfois et **uniquement dans des fruits mûrs** la présence de larves de diptères. Toutefois ces dernières, présentes dans les zones externes du fruit, **ne sont pas associées à la présence des galeries** décrites précédemment. D'après l'Ingeniero Rivas, ces larves appartiendraient au genre *Anastrepha*, genre néotropical strict de Tephritidae (mouches des fruits). Elle paraissent sans rapport avec le problème précédent.

► *Melanoloma canopilosum* n'a été recherché et mis en évidence qu'au stade fruit mûr, alors que les galeries sont déjà présentes 1 à 2 mois avant. Nous avons recherché dans ces galeries, la présence de larves sur de nombreux fruits à différents stades de maturité. Ces recherches ont été infructueuses. Les observations ont été essentiellement réalisées au niveau de galeries déjà lignifiées, car au stade non lignifié elle sont extrêmement difficiles à repérer du fait de leur très petit diamètre (inférieure au mm). Il est probable que ces observations aient été trop tardives pour mettre en évidence l'agent causal.

► Enfin, du point de vue théorique on sait très peu de choses sur le comportement et la biologie des mouches de la famille Richardiidae. Cette famille est typiquement néotropicale (Amérique tropicale et subtropicale) et proche des Tephritidae (mouches des fruits). Le stade larvaire pourrait donc n'être présent que dans des stades proches de la maturité du fruit (associé avec les *Anastrepha*). Toutefois, certaines espèces de Richardiidae sont souvent observées sur les fleurs de nombreuses plantes.

EN RÉSUMÉ :

► L'agent causal des galeries (probablement une larve d'insecte) doit être de très petite taille ;

► Il paraît s'introduire à un stade très précoce (le stade floraison vraie est le plus "sensible" mais ce n'est qu'une hypothèse) ;

► Il est vraisemblable que l'émergence ait lieu avant la maturité du fruit.

Compte tenu de tout cela, l'hypothèse *M. canopilosum*, bien que n'étant pas à exclure, nous apparaît comme douteuse.

3.1.3.3 - Propositions de recherches

Au cours des réunions de travail il a été suggéré de mettre en place quelques expérimentations dont l'objectif principal est la mise en évidence de l'agent responsable des galeries et d'apporter quelques informations sur certains facteurs épidémiologiques.

1 - Mise en évidence de la période la plus favorable à l'initiation de l'infection (protection temporaire des fruits en les recouvrant de tulle fine, à différents stades depuis la floraison jusqu'à la récolte). Une méthode d'évaluation (qualitative et quantitative) du niveau d'intensité des galeries devra au préalable être mise au point.

2 - Analyse descriptive très précise (ontologie) de la formation des galeries. A réaliser sur la base des résultats obtenus en 1.

3 - Etude du rôle de la mouche *M. canopilosum* par mise en contact de mouches avec des plants porteurs de fruits à différents stades sous cage.

4 - Recherche de l'agent causal par incubation de fruits dès le stade d'apparition des premières galeries (d'après résultats de l'étude 1).

5 - Etude de la dynamique saisonnière et de l'influence du climat dans l'apparition des galeries (méthode d'évaluation mise au point en 1).

6 - Etude systématique de la faune associée aux fleurs.

7 - Effet des conditions du milieu, et notamment de l'altitude (rôle de la température et de la végétation environnante). Il semble que les galeries sont essentiellement observées dans des fruits produits à basse altitude (vallée de Chanchamayo). Nous n'en avons effectivement pas observé dans les zones productrices situées en altitude lesquelles constituent les principales zones de production traditionnelles de 'Samba'.

Il nous semble utile d'insister sur ce point. Une bonne connaissance de l'effet du milieu sur les niveaux d'infection des fruits et plus particulièrement l'effet altitude pourrait conduire à l'élaboration d'une carte du risque phytosanitaire (limite au-dessus de laquelle le problème parasitaire est négligeable).

3.2 - *THECLA BASILIDES* "BROCA DE LA PIÑA", LÉPIDOPTÈRE LYCAENIDAE

Les oeufs sont généralement pondus sur la jeune inflorescence au niveau des bractées. Les chenilles pénètrent dans le fruit où elles vont se nourrir de la pulpe. Le fruit en se développant présente des déformations caractéristiques, et des exudations de gomme ("gommoses"). Ce ravageur cause de gros dégâts sur Cayenne lisse. Les variétés 'Samba' et 'Roja Trujillana' sont également attaquées, avec un nombre de pontes équivalent à ce qui est observé sur 'Cayenne Lisse'. Toutefois les chenilles ne pénètrent pas à l'intérieur des fruits, semblant se nourrir seulement de l'épicarpe avec formation de gomme.

La lutte chimique par applications de Sevin (Carbaryl, poudre mouillable 85%) permet une bonne maîtrise de ce ravageur. Elle consiste en deux applications à 60 et 75 jours après le TIF, soit un peu avant et pendant la floraison vraie, de 200 l/ha d'une bouillie à 0,2% de produit commercial.

Risque potentiel grave lié à la Fusariose présente en Bolivie.

3.3 - COCHENILLES ET WILT

Le problème des cochenilles (*Dysmicoccus brevipes*) et de la maladie virale du Wilt qu'elles transmettent, n'a été observé que sur les parcelles d'INDALSA (Chincana), et ce tant sur Cayenne Lisse que sur Samba. La proportion de plants atteints était assez faible, mais cela montre que le problème existe et qu'il faut s'en protéger. Des mesures simples de traitements permettent généralement de maintenir ce problème, si la pression du ravageur n'est pas trop forte et si les cochenilles ne migrent pas sur les racines. L'état sanitaire des parcelles de la station expérimentale de Chanchamayo semble prouver que la maîtrise des populations de cochenilles, et donc du wilt, est possible dans cette zone.

On reproduit en annexe le tableau récapitulatif des traitements insecticides praticables contre les cochenilles. Les produits systémiques sont à recommander pour lutter contre les cochenilles présentes sur racines.

4 - PARASITES ET RAVAGEURS DES RACINES

4.1 - NÉMATODES

4.1.1 - Observations

Des évaluations faites dans différents secteurs de la région ont permis de déceler la présence de nombreux genres de nématodes associés à l'appareil racinaire des ananas. Parmi eux les trois genres connus comme fortement pathogènes sur ananas sont présents (*Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchulus*). Le genre *Helicotylenchus* (ectoparasite) est généralement le plus abondant, notamment dans les échantillons de sol et son impact peut être important en cas de forte population. Sur Cayenne Lisse le rapport d'abondance entre *Helicotylenchus* et *Pratylenchus* est proche de 1.

Les racines échantillonnées à Chanchamayo et à Kimiri, au cours de cette mission, ont révélé la présence exclusive de *Pratylenchus* et d'*Helicotylenchus*, les individus étant plus nombreux à Chanchamayo (Cayenne Lisse et basse altitude) qu'à Kimiri (Samba, 1200 m d'altitude).

Des galles bien développées (*Meloidogyne*) ont été observées sur les parcelles d'INDALSA (Chincana), ainsi que des racines présentant une destruction totale du parenchyme cortical, symptômes qui, bien que non spécifiques (*Pyrium* par exemple) sont généralement attribués à la présence de *Pratylenchus* (le nématode jouant le rôle d'agent primaire).

Par ailleurs il a été observé une réponse favorable des plants aux traitements au Namacur (fenamifos). Il y a donc bien un problème de nématodes sur ananas dans cette zone, dont l'impact doit être précisé par les études en cours. **Ce problème pourrait prendre une importance de plus en plus grande avec le développement et surtout l'intensification de la culture.**

4.1.2 - Traitements

Sur ananas, les produits qui donnent les meilleurs résultats sont le Namacur et le Mocap. Le second produit est un peu moins efficace mais possède une bonne activité contre les symphytes (voir chapitre suivant). Des produits tels que le Counter (terbufos) et le Rugby (cadusafos), mériteraient d'être testés (nématodes et symphytes).

En Côte d'Ivoire les doses optimales sont de 0,15 g de m.a. par plant pour le Namacur et 0,2 g pour le Mocap. Une étude serait nécessaire pour fixer les doses optimales dans les conditions locales. Il convient de faire une application à la plantation et un rappel 3 à 4 mois plus tard, en période climatiquement favorable, c'est-à-dire lorsque la pluviosité est suffisante mais pas trop abondante (fin ou début de saison des pluies). En second cycle la moitié des doses appliquées en premier cycle est généralement suffisante, avec une application 3 à 4 semaines après la récolte, et un rappel 3 à 4 mois plus tard (toujours en période favorable).

En dehors des traitements chimiques, efficaces mais coûteux et dangereux, certaines pratiques culturales, telles que la jachère et les rotations culturales, peuvent permettre d'**abaisser** l'inoculum. De bons résultats ont été obtenus contre les quatre genres présents (cf Annexes), mais à notre connaissance, aucune plante de couverture n'est efficace contre les quatre en même temps. Le temps d'assainissement est assez long (12 à 18 mois).

4.2 - SYMPHYLES

4.2.1 - Observations

Les symptômes aériens d'attaques de symphytes sont très apparents sur les parcelles de production d'INDALSA à Chincana. La croissance d'un plant à l'autre est très hétérogène, et des plaques de mauvaises croissance sont visibles au sein des parcelles.

Des symptômes caractéristiques sur racines (balais de sorcières associés à un broutage du méristème terminal de la racine principale) et des individus ont été observés sur les parcelles expérimentales de l'INIA (Chanchamayo) et d'INDALSA (Chincana).

Des traitements au Mocap (Ethoprophos, granulés à 10 %) à raison de 2 grammes par plant appliqués à deux mois ont permis une nette amélioration de la croissance des plants. Toutefois ces traitements sont à notre sens trop tardifs pour être pleinement efficaces. On rappelle ci-dessous les règles principales de la lutte contre ces ravageurs, et notamment l'importance d'une intervention précoce (dès la plantation) pour protéger la phase initiale d'émission racinaire (cela est également valable pour les nématodes).

Par ailleurs des essais de comparaison entre traitement Mocap (ethoprophos) et au Nemacur (fenamifos, nématicide réputé n'avoir que peu d'effet sur les symphytes) ont donné un net avantage au premier ce qui semble indiquer que le problème posé par les symphytes est plus important que le problème des nématodes. Toutefois des comptages de ces ravageurs et parasites seraient nécessaires pour le confirmer.

4.2.2 - Rappels bio-écologiques

Les Symphytes sont des petits Myriapodes lucifuges et hygrophiles. De couleur blanche ils mesurent à l'état adulte environ 1 cm de long. Très mobiles ils se déplacent rapidement dans les galeries naturelles du sol car ils sont incapables de creuser. De ce fait les sols purement sableux ou trop compacts ne leur sont pas favorables (bien qu'on puisse les y rencontrer). En Côte d'Ivoire, par exemple, les symptômes les plus sévères étaient observés sur des sols gravillonnaires, et en Martinique ils sont très abondants dans les sols volcaniques.

Ils vivent généralement dans des zones profondes du sol (jusqu'à plus d'un mètre de profondeur). Ils montent en surface aux heures fraîches de la journée pour s'alimenter aux dépens des racines. En saisons chaudes et sèches ils ont tendance à rester en profondeur. Par ailleurs ils sont capables de résister très longtemps à des périodes de jeûne, la reproduction est arrêtée mais les individus peuvent survivre. Par ailleurs le cannibalisme peut devenir important, aidant à la survie des plus robustes.

Les symphytes sont des ravageurs polyphages cosmopolites. Deux genres principaux sont reconnus ravageurs de cultures (maïs, ananas, gazon...) : *Scutigerella* et *Hanseniella*. En broutant les extrémités des racines d'ananas ils détruisent le méristème terminal, stoppant l'élongation de la racine et provoquant l'apparition de ramifications secondaires (balais de sorcières). Les plants sont particulièrement vulnérables en début de cycle lors de la phase initiale d'émission de racines. Si les attaques sont très nombreuses le système racinaire peut être détruit au fur et à mesure de son émission, et le plant est complètement stoppé dans sa croissance. Sur des plants plus âgés (à partir de 5 à 6 mois), et possédant un système racinaire bien développé, l'impact de ces ravageurs devient généralement négligeable.

4.2.3 - Méthodes de lutte

Les principales méthodes de lutte recourent à l'emploi de composés chimiques. Les organochlorés, les carbamates et les organophosphorés systémiques sont généralement peu efficaces et les meilleurs résultats sont obtenus avec des organophosphorés à action de contact. Le Dyfonate (fonofos) appliqué à 0,04 g de matière active par plant est très efficace, mais n'a pas d'action complémentaire sur les nématodes. Le Mocap (ethoprophos) appliqué à 0,2 g de matière active par plant possède une action à la fois sur les symphytes et sur les nématodes. Le Dursban (chlorpyrifos) possède également une certaine efficacité, on l'applique à environ 0,1 g de matière active par plant.

En général il est nécessaire de procéder à deux applications. La première à la plantation (au plus tard 15 jours après plantation), et la suivante 3 à 4 mois plus tard en fonction des conditions climatiques (ne pas appliquer en période sèche). Le terbufos et le cadusafos (insecticides - nématicides) mériteraient d'être testés. Des matières actives très prometteuses sont en cours d'expérimentation en Martinique.

Par ailleurs il convient d'éviter d'accumuler de la matière organique insuffisamment décomposée dans le sol, notamment les résidus de la culture précédente. Ces restes de plants favorisent la pullulation des symphytes, en générant une structure du sol favorable à leurs déplacements, en maintenant une humidité optimale, en constituant une source de nourriture et en les abritant des traitements pesticides. Il convient donc d'attendre que les résidus soient bien décomposés avant de procéder au travail du sol.

D'une manière générale, toutes les pratiques culturales visant à favoriser le développement de l'appareil racinaire constituent une manière de diminuer l'impact des ravageurs souterrains (y compris les nématodes). En ce sens le recours au billonnage et le plantage de rejets d'un poids suffisant (300-500 g) ne peuvent être que recommandés.

4.2.4 - Evaluation des populations de symphytes

L'évaluation des niveaux de populations de symphytes est très difficile du fait de leur mode de vie tellurique, de leur très grande mobilité et de leur particulière fragilité.

On donne en annexe une copie du chapitre consacré aux techniques les plus employées. Ce document est extrait de la thèse de Martin KEHE (1988).

5 - CONCLUSIONS ET REMARQUES GENERALES

La plupart des ravageurs présents dans la zone de San Ramon sont des ravageurs connus pour lesquelles des méthodes de lutte existent et sont en cours de perfectionnement :

► Parmi les ravageurs telluriques, le problème le plus important paraît être celui des symphyles, mais il convient d'être très attentif aux nématodes. En effet, l'importance de ces parasites peut grandir avec le temps et avec l'intensification de la culture.

► En ce qui concerne les ravageurs aériens, les problèmes constitués par les cochenilles et *Thecla* sont bien maîtrisés. Il faut toutefois rester vigilant.

En revanche, le problème posé par les galeries des fruits est très pénalisant pour la culture, puisqu'il dépasse parfois 50 % de fruits atteints et que, l'agent causal étant inconnu, il n'y a pas de moyens de lutte.

Nous tenons à signaler l'importance (en terme quantitatif et qualitatif) des travaux déjà réalisés sur place par S. BELLO et A. JULCA. Ces deux ingénieurs ont pu sur une période relativement courte appliquer avec succès sur l'ananas (Cayenne lisse) les itinéraires techniques décrits dans la littérature. Les premiers résultats sont très prometteurs et nous espérons que des moyens financiers seront prochainement dégagés pour une deuxième phase du projet et permettre ainsi que soient prises en compte certaines recommandations que nous formulons dans ce rapport.

ANNEXES

A N N E X E 1

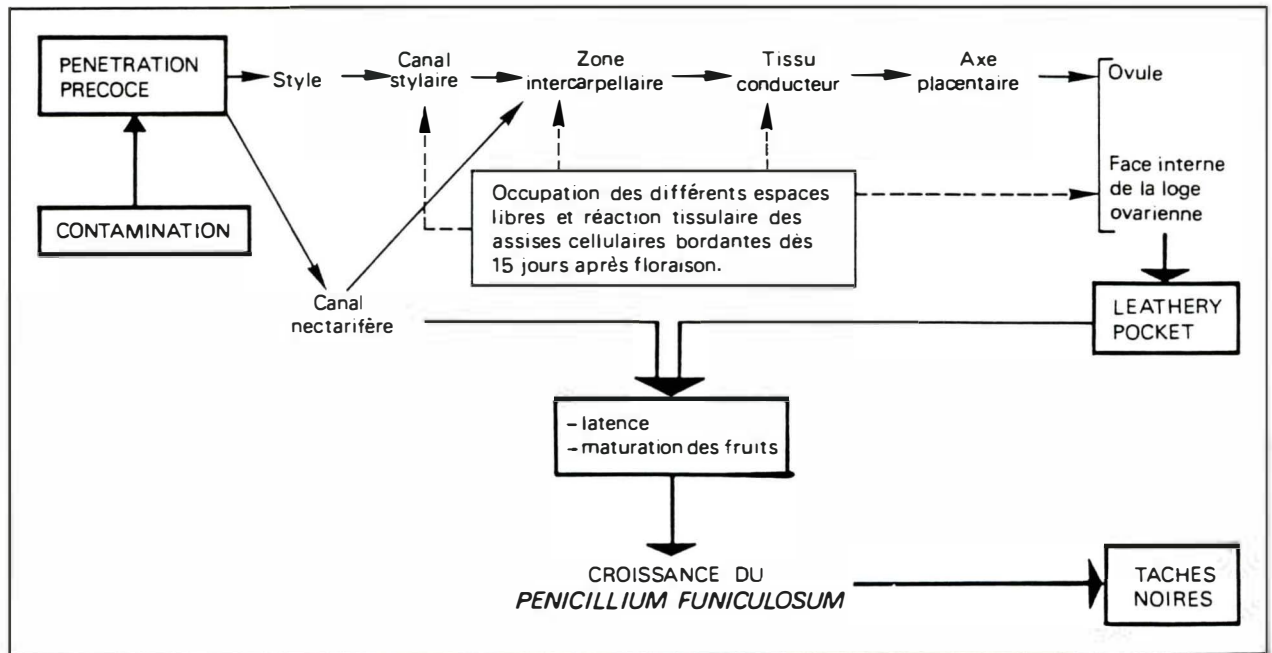


Figure 1 • Représentation schématique des différentes modalités de l'infection des fleurs de l'ananas par *Penicillium funiculosum*.

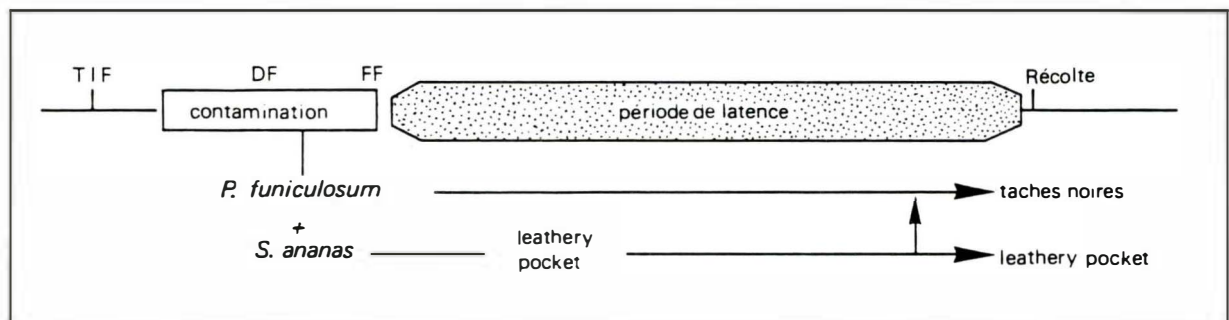


Figure 2.

LUTTE CONTRE LES NEMATODES PAR ROTATIONS CULTURALES

Crop rotation

Because of some of the problems associated with clean fallow, planting non-host cover crops may be desirable. Cover crops may suppress plant-parasitic nematode populations, decrease erosion, maintain or enhance soil fertility, and provide a niche for nematode-antagonistic fauna. Some plants may produce allelochemicals as root exudates that are actively toxic or inhibitory to nematodes. Research in Hawaii and Japan has shown that French marigold (*Tagetes patula*) (Nakasono, 1973), Rhodes grass (*Chloris gayana*) and sunn hemp (*Crotalaria juncea*) reduce soil populations of *R. reniformis* faster than clean fallow (Caswell *et al.*, unpubl.). *C. gayana* and *Desmodium uncatum* have been successful as rotation crops to reduce nematode populations (mixed Hoplolaiminae genera and *Meloidogyne* spp.) in the Cape Province (Keetch & Dalldorf, 1980). Pangola grass (*Digitaria decumbens*) has potential as a rotation crop for pineapple as it apparently stimulates eclosion of *M. incognita*, and toxins produced by the roots affect juvenile survival (Ayala *et al.*, 1967; Haroon & Smart, 1983a). Plantings of *D. decumbens* eliminate populations of *M. incognita* after one year, and *Criconebella* spp. and *Helicotylenchus* spp. after 18 months. *D. decumbens* is a poor host for *M. javanica* (Haroon & Smart, 1983b), but *P. brachyurus* remained abundant even after 3 years of *D. decumbens* growth (Ayala *et al.*, 1967).

Many plant species have been tested for their ability to suppress nematode populations in the Ivory Coast. The legumes *Crotalaria usaramoensis*, *Strylosanthes gracilis* and *Flemingia congesta* reduced populations of *P. brachyurus* after 18 months of growth, increased the nitrogen content of the soil and the subsequent pineapple crop, and increased the fruit weights of the subsequent pineapple crop by 25–30% (Guérout, 1969). When grown for 6 months, the grass *Panicum maximum* increased pineapple yields better than did 6 months of *Chromolaena odorata* (Asteraceae), even though the latter showed the superior reduction of the nematode population (Anon., 1987). This demonstrates that the cover crop that gives the best nematode population reduction will not necessarily result in the best yield of the subsequent pineapple crop.

Sugarcane is frequently grown in areas where pineapple is produced. Sugarcane is generally considered a non-host for *R. reniformis*, so planting pineapple into sugarcane soils may decrease problems with the nematode, provided that weed hosts are not present. This strategy is being used in Hawaii where possible, with poor success. Sugarcane is a host for *P. brachyurus* in Hawaii, Brazil, and Venezuela.

Organic improvements and soil amendments

The addition of organic matter to pineapple soils is beneficial, as the decline of soil organic matter is faster in pineapple soils than under other crops (Py *et al.*, 1984). The addition of organic matter may have direct and indirect effects on nematode populations. For example, adding cassava residues or extracts of Neem (*Azadirachta indica*) leaves to soil reduces populations of *P. brachyurus* by 75 and 72% respectively, in Nigeria (Egunjobi & Larinde, 1975). These are not common amendments to pineapple soils however. Linford (1937) found that adding organic matter to soil increased the activity of nematode-trapping fungi (see Biological control, below). Working in Hawaii, Klemmer and Nakano (unpubl.) found that incorporating pineapple plant residues into the field (rather than burning them) significantly increased the numbers of nematode antagonists present in the soil. These antagonists reduced reniform nematode populations, but not as effectively as did soil fumigation. Furthermore, the surviving nematode populations rapidly increased during the next crop cycle, with resulting crop damage the equivalent of untreated control plots. Much of the observed beneficial effect of organic matter incorporation is probably due to its stimulatory effect on predators and parasites of nematodes.

SYMPHYLES

Pour découvrir la biologie, l'écologie de *H. ivorensis* et étudier la dynamique de ses populations, il a été nécessaire de mettre en oeuvre un certain nombre de méthodes de travail. Ce sont principalement les techniques d'échantillonnages, de prélèvement, d'extraction, d'élevages et de marquage des symphyles.

Ces techniques ont été mises au point :

- soit par modifications de méthodes déjà utilisées ailleurs, pour les adapter aux études sur les symphyles et aux conditions écologiques de la culture de l'ananas : c'est le cas des techniques d'extraction et d'élevages ;
- soit par la conception de méthodes particulières, initiées en Côte d'Ivoire ; c'est le cas des techniques de prélèvement (propres à la culture de l'ananas) et de marquage des symphyles.

1.- TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE ET DE PRELEVEMENT

L'estimation, à un moment donné, du niveau des infestations de symphyles et le suivi de l'évolution des populations nécessitent des prélèvements périodiques et exigent une méthode précise et fiable.

Cette estimation, basée sur une mesure de la densité de la population (nombre d'individus par unité de volume), est rendue possible par le prélèvement, sur le terrain, d'échantillons de sol contenant les symphyles.

Sur des cultures autres que l'ananas, plusieurs techniques de prélèvement de symphyles ont été utilisées. Les plus performantes sont basées sur l'emploi de cylindres métalliques facilitant la pénétration en profondeur.

- Les dimensions des cylindres (diamètre x hauteur) varient selon les auteurs :
- . 23 cm x 23 cm (MORRIS, 1922, 1927 ; SAWA, 1930),
 - . 13 cm x 23 cm (PEARSE, 1946),
 - . 10 cm x 30 cm (SALT et al., 1948),
 - . 15 cm x 39 cm (MARTIN, 1948).

Quant à ANGLADE (1966), il utilise une sonde hélicoïdale de 10 cm de diamètre, qu'on enfonce dans le sol sur une profondeur de 15 cm.

En culture d'ananas, plusieurs types de matériels ont été testés en Côte d'Ivoire.

1.- La sonde hélicoïdale

De mêmes dimensions que celle utilisée par ANGLADE (1966), la sonde s'est révélée d'un usage difficile. En effet, les terrains favorables au développement des symphyles sont constitués de sols généralement gravillonnaires et de texture argilo-sableuse. Comme l'avaient déjà signalé VANNIER et VIDAL (1965), l'importance et la taille des éléments grossiers (graviers et pierres) et la teneur en argile (parfois très élevée) de ces sols constituent de sérieux obstacles à l'utilisation de la sonde. De plus les mouvements et la pression exercés sur la sonde, pour sa pénétration en profondeur, provoquent un tassement de l'échantillon de terre et un écrasement des animaux. Très fragiles, les symphyles sont alors fragmentés en petits morceaux difficilement identifiables à l'extraction. Ce phénomène est également observé chez d'autres Arthropodes du sol par CANCELA DA FONSECA et VANNIER (1967).

Pour ces raisons, l'utilisation de la sonde, comme moyen de prélèvement des symphyles, a été rapidement abandonnée.

2.- Les cages grillagées

Construites avec du grillage métallique à mailles carrées de 6 à 7 mm de côté, les cages sont fermées sur leur base inférieure par du grillage de mêmes caractéristiques.

Du fait des dimensions suffisamment grandes des mailles, les symphyles peuvent aisément pénétrer, vivre et se déplacer à l'intérieur de ces cages.

Pouvant avoir la forme et les dimensions souhaitées, elles sont diversement utilisables.

Ensemencées en maïs, ces cages constituent d'excellents pièges pour *H. ivorensis*. Aussi, ont-elles été très employées pour la capture et la récolte massive de symphyles vivants utilisés dans des études variées (infestations artificielles massives, élevages de masse).

Remplies de terre, elles peuvent être enfouies à demeure dans le sol cultivé, entre les plants. Dans ces conditions, l'intérieur des cages peut être planté en ananas. Ceci permet de prélever, au moment voulu, tout le volume de terre initialement mis à la disposition du plant, tout le système racinaire de ce plant ainsi que la population totale de symphyles gravitant autour. Cela permet, par conséquent, d'apprécier l'infestation réelle de la culture.

Elles ont également été utilisées, avec succès, pour mettre en évidence les symptômes d'attaques de *H. ivorensis* sur le système racinaire de l'ananas (voir chapitre II).

Malgré ces avantages, les cages grillagées présentent un inconvénient important : elles se rouillent facilement et sont d'une utilisation limitée dans le temps.

3.- Les cylindres P.V.C

3.1.- Description du matériel

Ce sont des sections de tuyaux en Poly-Vinyl-Chlorure (PVC), de 10 mm d'épaisseur, affûtées sur une extrémité pour en faciliter la pénétration dans le sol.

Les cylindres utilisés ont 25 cm de hauteur et 12,5 cm de diamètre intérieur. Ces dimensions ont été choisies, à la suite d'études préalables, en tenant compte :

- de la profondeur d'enracinement de l'ananas (80 à 90 % des racines se développent entre 0 et 25 cm de profondeur) ;
- du dispositif de plantation de la culture ; selon les densités habituellement pratiquées en culture d'ananas, les plants sont séparés, les uns des autres, en moyenne de 20 à 25 cm sur la ligne et de 30 à 40 cm entre deux lignes d'un même billon ;
- de la répartition, dans le sol, des symphytes qui vivent, de préférence, au voisinage immédiat du système racinaire de l'ananas, dans les horizons supérieurs du billon (80 à 90 % de la population).

3.2.- Méthode de prélèvement

La méthode consiste à prélever un échantillon de terre contenant le système racinaire du plant d'ananas et les symphytes présents autour de ce plant.

Pour ce faire, le plant choisi pour le prélèvement est sectionné au ras du billon pour supprimer la partie aérienne (feuilles et tige). Le cylindre est alors enfoncé, dans le sol, selon une couronne ayant pour centre le reste du plant d'ananas sectionné.

La pénétration du cylindre en profondeur est facilitée par l'emploi d'une massue (1,5 à 2 kg). L'échantillon de terre est retiré du sol à la houe.

La densité de l'échantillonnage varie selon les objectifs recherchés (expérimentation agronomique ou contrôle des infestations sur grandes parcelles de production).

3.3.- Efficacité de la méthode

Pour établir un rapport entre le nombre de symphytes prélevés par la méthode et la population réelle autour des plants, à un moment donné, l'étude suivante a été conduite.

Des cages grillagées (20 au total), de 30 cm de diamètre sur 30 cm de hauteur, sont enterrées à l'intérieur d'une parcelle d'ananas, dès la fin du billonnage. Dans chacune de ces cages, il a été planté un rejet d'ananas, ce qui justifie leurs dimensions.

Cinq mois après la plantation, les cages sont déterrées avec leur contenu, à savoir :

- le plant et la totalité de son système racinaire,
- tout le volume de terre contenant ce plant,
- la population de symphytes présente au voisinage du plant.

Parallèlement, des prélèvements sont réalisés avec des cylindres PVC, à raison d'un échantillon de cage grillagée pour quatre échantillons de cylindres. Il a été ainsi réalisé, pour comparaison, 20 séries de prélèvements dans une même parcelle.

L'infestation réelle, équivalente au nombre des captures dans les cages grillagées, varie entre 15 et 35 symphytes par plant. Quant aux cylindres PVC, ils permettent de récolter, en moyenne, 12 à 25 symphytes par plant, soit environ 72 % de la population réelle (tableau XI).

3.4- Avantages et inconvénients de la méthode

Bien que sa mise en oeuvre entraîne inévitablement la destruction d'un plant d'ananas par échantillon prélevé, la méthode des cylindres présente plusieurs avantages.

Elle permet de prélever un effectif de symphytes suffisamment représentatif de l'infestation réelle du sol.

Elle est fiable ; dans un sol de structure et de texture déterminées, et pour une même infestation, la méthode permet des récoltes relativement homogènes.

Elle permet d'effectuer de très nombreux prélèvements à la fois dans l'espace et dans le temps.

Elle permet de réaliser des prélèvements sur la profondeur de sol désirée, par tranches successives de 25 cm de hauteur, ce qui facilite, par exemple, l'étude des migrations verticales des symphytes.

Enfin, les cylindres PVC sont solides, durables, et disponibles sur le marché.

En raison de ces avantages, les cylindres PVC constituent le matériel le plus couramment utilisé en Côte d'Ivoire pour le prélèvement des symphytes.

Tableau XI : Efficacité comparée des cages grillagées et des cylindres P.V.C. dans l'échantillonnage des symphytes.

Séries des préle- vements	Nombre de symphytes par échantillon selon le matériel de prélèvement						% de capture des cylindres P.V.C. par rapport aux cages
	Cages grilla- gées	Cylindres P.V.C.					
		Valeurs des 4 échantillons				Moyenne	
I	32	10	28	24	16	19,5	60,9 %
II	21	9	14	23	15	15,3	72,6 %
III	16	18	11	7	12	12,0	75,0 %
IV	33	27	19	16	24	21,5	65,2 %
V	18	14	8	20	22	16,0	88,9 %
VI	22	22	13	14	17	16,5	75,0 %
VII	29	19	15	25	23	20,8	71,5 %
VIII	17	11	19	15	23	17,0	100 %
IX	23	17	9	14	12	13,0	56,5 %
X	28	19	17	19	25	20,0	71,4 %
XI	30	21	18	26	23	22,0	73,3 %
XII	15	8	20	11	13	13,0	86,7 %
XIII	19	18	12	18	22	17,5	92,1 %
XIV	21	9	14	25	18	16,5	78,6 %
XV	25	18	13	10	17	14,5	58,0 %
XVI	22	12	15	17	24	17,0	77,3 %
XVII	35	29	19	23	27	24,5	70,0 %
XVIII	26	22	7	18	13	15,0	57,7 %
XIX	24	8	20	16	18	13,5	56,3 %
XX	22	15	11	18	22	16,5	75,0 %
Moyenne	23,9	16,3	15,2	18,0	19,3	17,1	71,6 %

II.- TECHNIQUES D'EXTRACTION

L'extraction permet de séparer les symphytes du sol qui les contient, de les récolter puis de les dénombrer.

Plusieurs méthodes d'extraction sont utilisables que MURPHY (1962) et VANNIER (1970) subdivisent en deux grands groupes :

- . les méthodes dites dynamiques, faisant appel à une participation active des animaux pour sortir de leur support ;
- . les méthodes dites mécaniques, au cours desquelles les animaux ont un rôle passif.

Dans le cadre des études conduites en Côte d'Ivoire, deux méthodes mécaniques sont utilisées.

1.- L'extraction manuelle

C'est la méthode non dynamique la plus simple et jadis la plus employée pour l'extraction des Arthropodes du sol. Elle a été très utilisée pour l'extraction des symphyles (MORRIS, 1921, 1922, 1927 ; SAWA, 1930 ; MARTIN, 1948).

En Côte d'Ivoire, l'extraction manuelle a été utilisée, avec succès, surtout au cours des essais de produits insecticides réalisés au laboratoire, pour séparer les animaux vivants des morts.

En outre, c'est la seule technique mise en oeuvre pour sélectionner les symphyles adultes destinés aux élevages ou à toutes études nécessitant des animaux vivants (infestations artificielles massives, détermination de la sex-ratio).

Malgré son intérêt, l'extraction manuelle reste fastidieuse et longue. Elle est applicable, de préférence, aux échantillons de petit volume. Pour des échantillons de grande taille et très infestés, elle manque de précision. Ces mêmes observations ont été faites sur les symphyles et d'autres Arthropodes du sol par de nombreux auteurs dont RAW (1955), SVENDSEN (1955), HAIRSTON et al. (1958).

2.- La flottation

C'est actuellement la méthode la plus employée pour l'extraction de la faune du sol, en particulier celle des symphyles (THOMPSON, 1924 ; SAWA, 1930 ; EDWARDS, 1955 ; FORD, 1935 ; MICHELbacher, 1939 et ANGLADE, 1966).

Le principe est basé sur la différence de densité entre les animaux à extraire et le liquide d'extraction (eau ou solution de sels minéraux ou de solvants organiques).

En Côte d'Ivoire, le liquide d'extraction est constitué par l'eau simple.

L'échantillon à extraire est placé dans un récipient contenant de l'eau. En se délitant, l'échantillon de terre libère progressivement les symphyles qu'il renfermait. Les

animaux moins denses, remontent à la surface de l'eau où ils sont récoltés. La différence de coloration, très nette entre l'eau et les symphyles facilite la récolte des animaux.

La méthode présente plusieurs avantages. Elle est simple, rapide et très efficace.

Elle peut s'appliquer à tous les types d'échantillons quelles que soient la taille de l'échantillon et la nature du sol (sol minéral ou organique).

Elle présente toutefois un inconvénient : la plupart des symphyles extraits par cette méthode meurent pendant ou peu après l'extraction, à cause de l'immersion de l'échantillon.

Pour cette raison, l'extraction par flottation est appliquée uniquement pour les échantillons provenant des plantations et destinés à l'estimation des niveaux d'infestation des cultures.

TABLE 49 - Main insecticides presently used for the control of the mealybug - Main characteristics - Rates and methods of application.

	Usual Name	Group	Solubility in water at 25° C	Toxicity LD 50 for rats (p.o.)	Persistence	Rates of application - Quantity of a.i./ha or /plant or /% fo liquid (1)
Contact insecticides also acts partly by inhalation	<u>For disinfection of imported shoots</u>	Organohalide	13 400 ppm		no	3.2 kg per 100 m ³ for 2 hours
	- methyl bromide					
	<u>For disinfection of shoots and plants during the course of vegetation</u>	Organophosphorus	24 ppm	13 mg/kg	Short time	<u>Normal concentration of mixture</u> (2 500 to 5 000 l/ha - 4 to 12 applications/cycle) 0.02 to 0.03 % 0.03 to 0.04 % 0.03 to 0.04 % 0.03 to 0.06 % 0.10 to 0.25 % 0.09 %
	- parathion ethyl					
	- parathion methyl					
	- diazinon					
	- fenthion					
	- malathion					
	- phoxim					
Partly systemic insecticides	- acephate	"	No soluble	945 mg/kg	About 10 days	<u>Normal concentration of mixture</u> (usually less than 2 500 l/ha - Number of applications/cycle variable depending on persistence) 0.03 to 0.06 % 0.03 to 0.04 % 0.03 % 0.05 % 0.06 % 0.02 %
	- fenitrothion	"		250 to 500 mg/kg		
	- formothion	"		365 to 500 mg/kg		
	- vadimothion	"		630 mg/kg		
	- dimethoate	"		320 to 380 mg/kg		
	- omethoate	"		50 mg/kg		
	- phorate	"		3.7 mg/kg		
	- disulfoton	"	25 ppm	12.5 mg/kg	2 to 4 months	<u>Granules</u> (0,025 to 0,050 g/plant - number of applications 3 to 6)
	- Nematicides and soil in- secticides also effective against the mealybug : car- befuran, oxymyl, aldicarb thiofanox, terbufos, iso- fenphos					Under experimentation

(1) " " ARDEEN, 1955 ; PY and TISSEAU, 1965 ; CHAN, 1965 (a) ; CHAN, 1965 (b) ; LEE, 1965 ; PINON, 1980 ; RAI and SINHA, 1980.